

Ербаев Е.Т., PhD докторы, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-3186-9994>
«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, erbol.erbaev@mail.ru
Джапарова Д. А., техника ғылымдарының кандидаты, <https://orcid.org/0000-0001-7023-7300>
«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, 090009, Жәңгір хан көш., 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, dinara_jra@mail.ru
Канатбаев А.А., техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, <https://orcid.org/0000-003-2921-6086>
«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, adilkanatbae@mail.ru
Буранова Н. Г., техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, <https://orcid.org/0000-0003-0440-5948>
«Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті» ЖЖКББМ, Ихсанова көш., 44/1, Орал қ., 090000, Қазақстан Республикасы, nurslu_1986@mail.ru
Ербаева Н. Б., аға оқытушы, магистр, <https://orcid.org/0000-0001-6008-542X>
Қазақстан инновациялар және телекоммуникациялық жүйелер университеті, Мәншүк Маметова көшесі, 81, 0900006, Қазақстан Республикасы, nurgul_0986n@mail.ru

Yerbayev Y. T., PhD Doctor, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-3186-9994>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan, 51, 090009, Republic of Kazakhstan, erbol.erbaev@mail.ru
Japarova D.A., candidate of technical sciences, <https://orcid.org/0000-0001-7023-7300>,
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, dinara_jra@mail.ru
Kanatbayev A. A., Master of technical sciences, senior lecturer, <https://orcid.org/0000-003-2921-6086>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, adilkanatbae@mail.ru
Buranova N. G., master of technical sciences, <https://orcid.org/0000-0003-0440-5948>
PHPEI «West Kazakhstan innovation and Technology University». Uralsk, Ikhsanova st. 44/1, 090009, Kazakhstan, nurslu_1986@mail.ru
Yerbayeva N. B., Master of technical sciences, senior lecturer, <https://orcid.org/0000-0001-6008-542X>
«Kazakhstan University of Innovation and Telecommunication Systems», Uralsk, st. Manshuk Mametova 81, 090006, Kazakhstan, nurgul_0986n@mail.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ AUTOMATION OF AGRICULTURAL FACILITIES USING DIGITAL TECHNOLOGIES

Аннотация

Мақалада ауыл шаруашылығы өндірісінің процестерін автоматтандыруға шолу жасалған. Технологиялық процестерді автоматтандыру ауыл шаруашылығы өнімдерін қарқынды дамыту және оған сұраныстың артуы жағдайында өзекті міндет болып табылады. Бұл, өз кезегінде, кәсіпорын басшылығының алдында адам еңбегін автоматтандырылған құрылғылармен алмастыру бойынша нақты міндеттерді қояды. Мақалада ауыл шаруашылығы өндірісіндегі адамның қызметі нәтижесінде туындайтын тауар шығындары мен ресурстардың барлық өндіріс кезеңдеріндегі шығындары туралы мысалдар қарастырылған.

Мақалада құс фабрикасында тұйық циклмен басқарылатын автоматтандырылған құс азықтандыру әдісі қарастырылған. Бұл автоматтандыру жүйесінің қателік деңгейін минималды деңгейге дейін төмендетуге және қажетті заң бойынша реттелетін шаманы басқаруға мүмкіндік береді. Аталған жүйеде қоздырғыш әсерлердің көрсеткіштерін бақылау қарастырылмаған. Басқару жүйесінің кері байланыс арнасы осы параметрді бақылайды.

Сондай-ақ мақалада азық таратқыштың ағынды желісінің электр жетегінің динамикалық элементтерінің құрылымдық схемасы берілу сипаттамасына түрлендіріліп, қарастырылатын автоматты басқару жүйесінің тұрақтылығы Найквистің жиілік критерийі бойынша есептеледі. Бұл жүйенің қоздырғыш әсерлерге тұрақтылығын растау үшін жүргізіледі.

ANNOTATION

The article presents an overview of the automation of agricultural production processes. Automatization of technological processes is an urgent task, in conditions of intensive development of agricultural products and increasing demand for it. Which, in turn, sets specific tasks for the management of the enterprise to replace human labor with automatic devices. The article considers examples of human activity in agricultural production leading to the appearance of numerous losses of goods, as well as resource expenditures at all stages of production.

The article considers an automated method of feeding birds at a poultry farm with a closed-loop control system in such a way as to reduce the error to zero or to an acceptable value, thereby ensuring a change in the regulated value according to the required law. At the same time, none of the disturbances is measured, and their influence on the controlled value is perceived by the control system via the feedback channel. Also in the article, the structural scheme of the dynamic links of the electric drive of the feed feeder production line is transformed into a transfer characteristic, followed by the calculation of the considered automatic control system for stability according to the Naikvist frequency criterion, to confirm the stability of this system to disturbing influences.

Түйін сөздер: өндірістік желі, жемішөп дозаторы, автоматты басқару жүйесі, ауыл шаруашылығы, автоматика

Key words: production line, feed dispenser, automatic control system, agriculture, automation

Кіріспе Ауыл шаруашылығы өндірісінің технологиялық процесін автоматтандыру – кешенді механикаландырудың нәтижесі болып табылады. Бұл процесс өндірісті адам қатысуынан босатып, оның технологиялық процестерді басқару функцияларын автоматтандырылған басқару және бақылау құрылғыларына ауыстыруды көздейді. Ауыл шаруашылығы өнімдерінің сапасы мен санын арттыру, тұтынудың қарқынды өсуі, сондай-ақ ауыл шаруашылығы саласында жұмыс істеуге дайын жұмыс күшінің жетіспеушілігі, бұл мәселені адам еңбегін толық немесе ішінара ауыстыру арқылы шешуге алып келді.

Ең көп тараған шешімдердің бірі – қызметкерлер тапшылығы жағдайында қалған қызметкерлер арасында міндеттерді уақытша қайта бөлу. Өртүрлі салалардағы кәсіпорындардың жұмыс тәжірибесі бұл мәселенің шешімі ретінде қолда бар қызметкерлерді олардың кәсіби міндеттерінің айтарлықтай бөлігін құрайтын рутиналық операциялардан барынша босатуды көрсетеді. Көптеген зерттеулер көрсеткендей, автоматтандыру процесі көптеген жұмыстарда толық жүзеге аспаған. Сонымен қатар, кейбір мамандықтарда қызметкердің жұмысын толық автоматтандыру мүмкін емес. Дегенмен, қызметкерлердің кәсіби қызметі аясында жүзеге асырылатын ақпаратты жинау және өңдеу, рутиналық операциялар кешенін орындау сияқты көптеген әрекеттерді толық автоматтандыруға болады [1].

Ауыл шаруашылығы өндірісіндегі процестерді автоматтандыру негізгі өндірістік процестерді орындау кезінде маңызды рөл атқарады. Бұл жағдайда мамандардың кәсіби міндеттерін орындау айтарлықтай жеңілдетіледі және жеделдетіледі. Көптеген ауыл шаруашылығы кәсіпорындарының ерекшелігі – олардың өндірістік процестері бұрыннан қалыптасқан. Кез келген кәсіпорынның жұмысына өзгерістер енгізу өртүрлі келісулерді талап етеді.

Ауыл шаруашылығы кәсіпорындарының жұмыс ерекшеліктеріне тоқталсақ, келесі сипаттамаларды атап өтуге болады:

- өртүрлі жұмыстарды орындаудың уақыт шеңбері бар және оларды кейінге қалдыру мүмкін емес;
- орындалған жұмыстардың сапасы түпкілікті нәтижеге тікелей әсер етеді;
- қызметкерлерге деген қажеттілік орындалатын жұмыстардың көлемі мен сапасына байланысты;

- жұмыстың айтарлықтай бөлігі өте ауыр, бұл босатылған көлемді басқа қызметкерлерге қайта бөлуге мүмкіндік бермейді.

Ауыл шаруашылығы кәсіпорындарында жұмыс істейтін кадрлар ерекше сипатқа ие және көбінесе басқа қызметкерлермен, кәсіпорын ішінде де, одан тыс жерлерде де өзара әрекеттеседі. Көптеген ауыл шаруашылығы кәсіпорындары кадр тапшылығы жағдайында жұмыс істейді [2].

Кадр мәселесін шешудің бір жолы – қызметкерлер мен кәсіпорынның әртүрлі бөліктерінің жұмысын автоматтандыру процесін кеңейту. Өндірісті автоматтандыру адамның қатысуын азайтып, жұмыстың тиімділігін арттырады. Ауыл шаруашылығы кәсіпорны аясындағы автоматтандыру процесі көбінесе стандартты және типтік әрекеттерді қамтиды. Бұл әрекеттер ауыл шаруашылығында уақыт пен күшті көп қажет ететін ең күрделі жұмыстар болып табылады. Сондықтан бұл әрекеттерді автоматтандыру – кәсіпорын басшылығының негізгі міндеттерінің бірі.

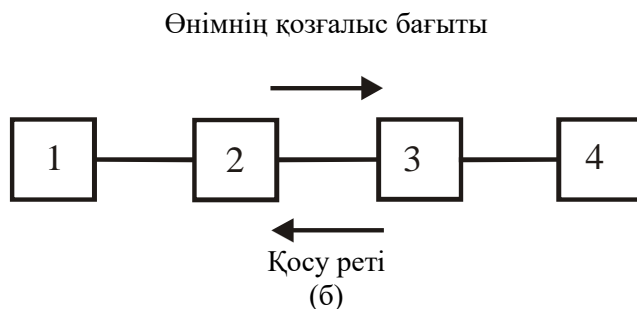
Көптеген зерттеулер көрсеткендей, ауыл шаруашылығындағы адамның қызметі өнімнің шығындары мен барлық өндіріс сатыларындағы ресурстардың шығынына алып келеді. Мысалы, сүт өндірісіндегі шығындар деңгейі 53%-ға дейін, астық өндірісі – 48%-ға дейін, түйнек және жеміс-көкөніс өнімдерін өндіру сәйкесінше 75% және 57%-ға дейін жетуі мүмкін [3-19].

Материалдар мен әдістер. Бұл мақалада басқарылатын электроприводты азық таратқыштың ағынды желісіндегі автоматты басқару жүйесі талданады (1-сурет, а). Сондай-ақ автоматты басқару жүйесінің орнықтылығы алгебралық және жиілік критерийлері бойынша талданады.

Ірі автоматтандыру объектісінің бөлек бөлшектерге бөлінген шағын операциялары өндірісті ұйымдастыру әдісі болып табылады. Бұл әдіс ағынды өндіріс деп те аталады. Ағынды желі белгілі бір операцияларды орындауға жауапты машиналар кешенін шоғырландырады, бұл өнімнің бір жабдықтан екіншісіне дәйекті өту процесін қамтамасыз етеді. Ағынды желіге қатысатын машиналар мен жабдықтардың саны технологиялық процестің шарттарына сәйкес анықталады. Сонымен қатар, машиналардың саны өндірістің сенімділігіне тікелей әсер етеді. Ағынды желіде жабдық неғұрлым көп болса, оның жұмыс сенімділігі соғұрлым төмен болады.

Ағынды желілердің күрделілігі мен электр машиналарының көптігі жүйедегі электр қозғалтқыштарды дұрыс іске қосуды талап етеді, әйтпесе бұл токтың күрт көтерілуіне алып келуі мүмкін. Сондықтан кез келген ағынды желіні жобалау өнімнің қозғалыс бағытына қарама-қарсы ретпен электроприводты іске қосуды, ал оны ажыратуды кері реттілікпен қосуды қамтиды. 1-суретте (б) ағынды желідегі электроприводтарды қосу схемасы көрсетілген.





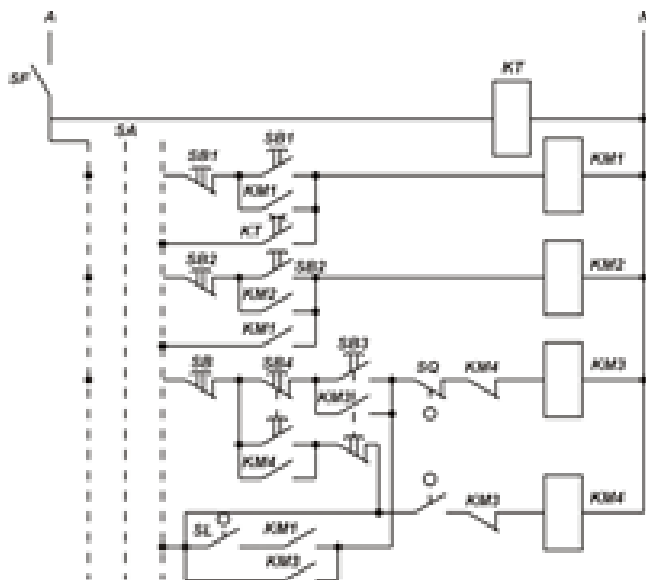
Сурет 1 – ағындық желіні қоректендіргіштің басқарылатын электр жетегі.

- а) құстарды автоматтандырылған азықтандыру процесі
- б) ағындық желінің электр жетектерін тізбектей қосу

Бір электр қозғалтқышының тоқтауы жүктеме беретін барлық машиналардың тоқтауын болжайды, бұл ретте машиналар көмегімен жүктемені түсіру жалғасуы тиіс [7, 20]. Барлық электр қозғалтқыштары сигнал беру құрылғыларымен жабдықталуы керек, сонымен қатар қозғалтқыштың шамадан тыс жүктелуінен немесе технологиялық процестің бұзылуынан қорғау құрылғылары қарастырылған, оның схемасы 2-суретте (а) көрсетілген.

Сонымен бірге автоматты басқару жүйесі тұйық және ашық циклдерде жұмыс істей алады. Тұйық циклге реттелетін шаманы реттеуші әсердің болмауы тән, нәтижесінде параметрлер мен олардың мәндерін бақылау жүзеге асырылмайды (1-сурет, б). Мұндай жүйелер әдетте электроприводты іске қосу және тоқтату үшін қолданылады.

Азықтандыру әдісіне (толыққанды немесе мөлшерленген) байланысты құстарды бордақылауға арналған жабдық құстың жасына, тұқымына және басқа да ерекше факторларға байланысты оның қажеттіліктерін жан-жақты қанағаттандыруы тиіс. Ол бір күндік балапандарға да, ересек, салмағы ауыр құстарға да жарамды болуы керек. Бұл ретте азыққа оңай қол жеткізуді қамтамасыз ету және оның шығындарын болдырмау маңызды. Осы мақсатта әртүрлі типтегі жем салғыштар жасалған (2-сурет), оларға жем беру өзін жақсы көрсеткен жем таратушы жүйенің көмегімен жүзеге асырылады [4, 5, 11, 13].



Сурет 2 – Жем тарату автоматты басқару принципі

Жемшөпті тарату автоматты түрде де, қолмен де жүзеге асырылуы мүмкін.

Автоматты режимде процесс программада көрсетілген уақытта программа уақытының релесі (КТ) іске қосылып, оның түйіспелерін КМ1 магнитті стартер катушкасының контурында

жабудан басталады. Бұл жүк тиетін конвейердің қосылуына себепші болады. Бұл ретте КМ1 магниттік стартері мөлшерлеу хопперінің (КМ2) магниттік стартерін белсендіріп, диспенсинг платформасының (КМ3) магниттік стартер катушкасының контурындағы оның түйіспелерін жабады.

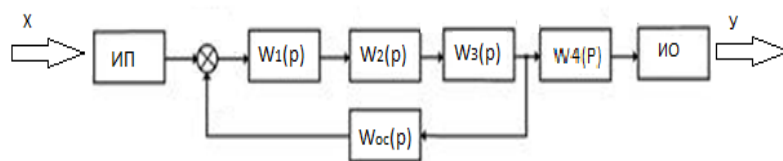
Жемшөп конвейерінен жемшөп келген кезде жемшөптің бар болуы датчигінің (СL) түйіспелері жабылады, ол КМ3 стартерін іске қосып, диспенсингтік платформаны белсендіреді. Платформа артқы жаққа толғандықтан және ол шеткі қалыпқа жеткендіктен, шекті ауыстырып қосқыш (SQ) сапарға шығып, кейбір контактілерді ашып, басқаларын жабады. Бұл КМ3 стартерінің ажыратылуына және КМ4 стартерінің активтенуіне әкеліп соғады, бұл диспенсацияланатын платформа моторының реверсивтілігін туғызады. Соның салдарынан жемшөп қоректенушілердің бірінші жартысына ағыла бастайды, ал платформаның өзі бір мезгілде екінші жартысына жеммен толығыады.

Платформа қарама-қарсы шеткі жағдайға жеткенде шекті ажыратқыш (SQ) өзінің контактілерін бастапқы күйге, оның ішінде КМ3 стартерге қайта ауыстырады. Платформа қозғалыс бағытын өзгертеді, ал жемшөп қоректендіргіштердің екінші жартысына тасталады. Процесс көрсетілген циклдің соңында релелік (ТК) контактілер ашылғанға дейін жалғасады. Егер жем мерзімінен бұрын бітсе, онда SL датчигі диспенсинг платформасын бағдарламаның соңына дейін тоқтатады.

Тұйық циклде жұмыс істейтін автоматты жүйе (3-сурет, а) ақпараттың екі арнасын қарастырады. Бұл $g(t)$ – берілген ақпарат арнасы; $y(t)$ – реттелетін шаманың нақты мәні туралы ақпарат арнасы, сондай-ақ кері байланыс арнасы. Дәл осы кері байланыстың болуы басқару қатесін анықтауға мүмкіндік береді: $x(t)=g(t)-y(t)$. Қате мәні реттеуші әсерді $m(t)$ анықтайды және қалыптастырады. Бұл сигнал қателікті нөлге дейін төмендетіп, жүйенің талап етілетін заң бойынша әрі қарай жұмыс істеуін қамтамасыз етуі керек. Қоздырғыш әсерді өлшеу жүргізілмейді, басқару жүйесі оны кері байланыс арнасы арқылы бақылайды. Басқарудың бұл түрі қате бойынша реттеу деп аталады.

Нәтижелер мен оларды талқылау. Кері байланысы бар жүйенің жұмыс істеу қасиеттері ашық жүйелерге қарағанда айтарлықтай жоғары, оларды келесі жағдайларда қолданады: терең бақылау қажет болатын электр жетектерінде (ЭЖ); берілген әсер $g(t)$ күрделі өзгергенде; бір механизмнің үйлесімді жұмыс істейтін бөліктерінде немесе әртүрлі механизмдердің көпшілігінде; іске қосу, тоқтату және кері қайтару процестерін реттеу қажет болғанда.

Азық таратудың ағынды желісінің құрылымдық схемасын типтік динамикалық элементтер блоктарымен түрлендіру 4-суретте көрсетілген.



Сурет 3 – Жем таратқыштың электр жетегінің динамикалық байланыстарының құрылымдық диаграммасы

Схемаға сәйкес біз 1 формулаға сәйкес беру функциясына түрлендіреміз

$$W(p)_{\text{рез}} = \frac{W(p)n}{1+W(p)n \cdot K_{oc}} \quad (1.1)$$

где $W_{(p)}$ - әр сілтеменің берілу функциялары;
 K_{oc} – кері байланыс коэффициенті.

Бұл ретте $W_{(p)}$ – жекелеген элементтің беру функциялары әртүрлі тәуелділіктерде беріледі.

Құс фабрикасындағы азық таратқыштың электр жетегінің жобаланған моделінің жұмыс сенімділігін анықтау үшін Михайлов критерийі бойынша орнықтылық талдауын жүргіземіз [14, 16].

$$W(p)_{\text{раз}} = \frac{k_1 * k_2 * k_q * k_m}{T_q * T_{2M}^2 p^3 + (T_q * T_{1M} + T_{2M}^2) p^2 + (T_q + T_{1M}) p + k_2} =$$

$$= \frac{0,5 * 1 * 1,25 * 4,5}{1,4(0,35)^2 p^3 + (1,4 * 0,1 + (0,35)^2) p^2 + (1,4 + 0,1) p + 1} = \frac{2,81}{0,17 p^3 + 1,4 p^2 + 1,5 p + 1}$$

Зерттелетін жүйенің жиілік сипаттамаларының аналитикалық өрнектерін алу үшін оператор Р-ны формальды түрде $j\omega$ ге ауыстырамыз, сонда мынаны аламыз:

$$W(j\omega)_{\text{раз}} = \frac{2,81}{(1 - 1,4\omega^2) + j(1,5\omega - 0,17\omega^3)}$$

Бөлгіш пен бөлгішті бөлгішке жалғанған күрделі санға көбейтіп, бөлеміз:

$$(1 - 1,4\omega^2) - j(1,5\omega - 0,17\omega^3)$$

Осы жерден аламыз:

$$W(j\omega) = \frac{2,81[(1 - 1,4\omega^2) - j(1,5\omega - 0,17\omega^3)]}{(1 - 1,4\omega^2)^2 + (1,5\omega - 0,17\omega^3)^2}$$

$$P(\omega) = \frac{2,81(1 - 1,4\omega^2)}{(1 - 1,4\omega^2)^2 + (1,5\omega - 0,17\omega^3)^2} - \text{нақты бөлігі}$$

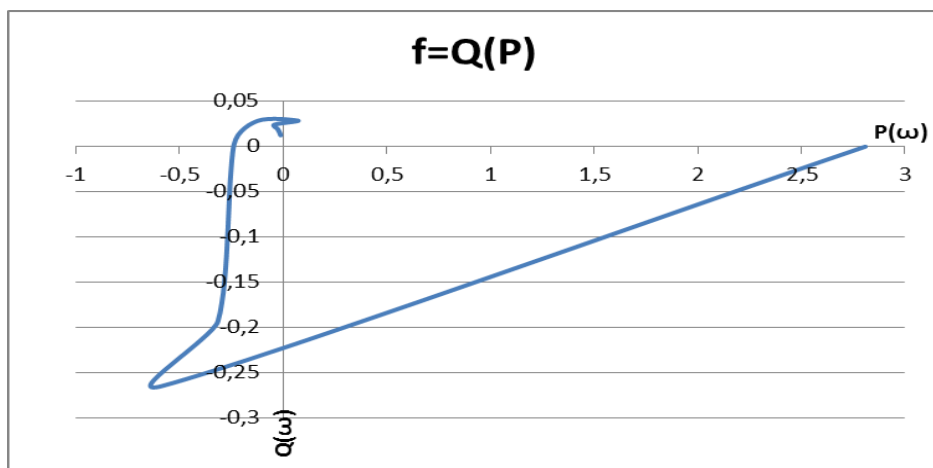
$$Q(\omega) = \frac{-2,81j(1,5\omega - 0,17\omega^3)}{(1 - 1,4\omega^2)^2 + (1,5\omega - 0,17\omega^3)^2} - \text{қиял бөлігі}$$

Формулаға W 1 мәнін 10-ға ауыстырып, есептеу нәтижелерін 1-кестеге енгіземіз.

Кесте 1 – есептеу нәтижелері

ω	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P(ω)	2,81	-0,5827	-0,3159	-0,2385	-0,1248	0,0710	-0,0429	-0,0275	-0,0184	-0,0127
Q(ω)	0	-0,2645	-0,1932	0,0018	0,0284	0,0287	0,0242	0,0195	0,0156	0,0124

Алынған мәліметтерге сәйкес нақты жиілік сипаттамасының ойдан шығарылған жиілік сипаттамасына тәуелділігінің графигін саламыз (сурет. 5). Михайлов критерийі бойынша Годограф.



5-сурет-Найквист критерийі бойынша Годограф

Қорытынды. Годограф Найквисттің айтуынша, құс фабрикасында жемшөп тарату процесін автоматты түрде реттеу жүйесі тұрақты, бұл өз кезегінде жемшөп таратқыштың автоматтандырылған басқару жүйесінің сенімділігінің маңызды көрсеткіші болып табылады.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Галушко, Е.В. Система поддержки принятия решений в кормопроизводстве [Текст] / Галушко Е.В. [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей II Междунар. науч.-практ. конф. - Минск: БГАТУ, 2015. - С. 223-226.
- 2 Ловчикова, Е.А. Цифровая экономика и кадровый потенциал АПК: стратегическая взаимосвязь и перспективы [Текст]/ Е.А. Ловчикова, Н.А. Первых, А.И. Солодовник // Вестник аграрной науки. - №5(68). – 2015. - С. 107-112.
- 3 Федоренко, В.Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве: науч. анализ. обзор[Текст] / В.Ф. Федоренко. – 2014.– М. : Росинформгрупп, – 217 с.
- 4 Фазылова, С.С. Цифровизация в сельском хозяйстве региона как инструмент развития[Текст]/ С.С. Фазылова, Т.М. Яркова, // Креативная экономика. – 2020. – Том 14. – № 8.- С. 1737-1748. doi: 10.18334/ce.14.8.110704.
- 5 Lyubchenko, A.A. An Approach to Data Transmission Process Modelling in Automated Power Accounting Systems [Text]/ A.A. Lyubchenko, E.Y. Kopytov, A.G. Malyutin, A.A. Bogdanov // Journal of Physics: Conference Series. 1791(1),012054, 2021. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85102357173>.
- 6 Korovkin, N.V. Determination of Consumer Powers by Measurements at the Supply Feeder Ends [Text] / N.V. Korovkin, T.G. Minevich, E.A. Bodrenkov // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus, 2021, 9396318, с. 1454-1457. <https://www.scopus.com/sourceid/21101043346>.
- 7 Ikramov, N. Monitoring system for electricity consumption at pumping stations [Text]/ N. Ikramov, T. Majidov, E. Kan, A. Mukhammadjonov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering // International Scientific Conference Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering, CONMECHYDRO, 2020. -Tashkent City. - 23 April. - Код 161842. <https://www.scopus.com/sourceid/19700200831>.
- 8 Protosovitskii, I.V. Ensuring the reliability and efficiency of the power industry in the agricultural sector of the Republic of Belarus in Modern conditions [Text]/ I.V. Protosovitskii, E.P. Zabello, M.A. Prishchepov, V.A. Daineko // Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations// - 63(2), с. 116-128. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085377121>.
- 9 Единое окно доступа к образовательным ресурсам: информационная система [сайт]: URL: <https://elibr.gstu.by/>.
- 10 Чиркова, И.Г. Государственная поддержка энергосберегающей деятельности сельскохозяйственных предприятий [Текст]/И.Г. Чиркова, И.А. Бикейкина // Экономика

сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. –2007. - № 11. - 0,8 п.л. (авт. - 0,7 п.л.)

11 Резванов, О.Г. Автоматизированная система коммерческого и технического учета электрической энергии на базе многотарифных электронных счетчиков [Текст]/ Резванов, О.Г. //«Энергия и менеджмент». – № 3, 2002.

12 Ожегов, А.Н. Системы АСКУЭ[Текст]: Учебное пособие Ч.1/ А.Н. Ожегов. -Киров: Изд-во ВятГУ, 2006, - 102 с.

13 [Zhu, J. Evaluating the sustainability of rural complex ecosystems during the development of traditional farming villages into tourism destinations: A diachronic energy approach](#)[Text]/ J. Zhu, X. Yuan, X. Yuan, S. Liu, B. Guan, J. Sun, H. Chen //Journal of Rural Studies 86, - с. 473-484, 2021. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85111020603&origin>.

14 [Sosnina, E.N. Application of SOFC for Power Supply of Remote Agricultural Enterprises](#)[Text]/ E.N. Sosnina, A.V. Shalukho, L.E. Veselov //Proceedings - ICOECS 2020: 2020 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems 9278478, 2020. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0.085098864791&origin=resultslis>.

15 [Awan, S.H. Smart energy control internet of things based agriculture clustered scheme for smart farming](#)[Text]/S.H. Awan, S. Ahmed, A. Ishtiaq, N. Zeeshan, A. Muhammad Yousaf, N. Asif, Fahad, M., Tayyab, M. //International Journal of Advanced Computer Science and Applications 11(3), 2020.- С. 162-169, <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85083219476>.

16 Wu, J. A two-stage power system frequency security multi-level early warning model with DS evidence theory as a combination strategy[Text] /J. Wu, L. Li, F. Shi, P. Zhao, B. Li// International Journal of Electrical Power and Energy Systems. 108372, 2022. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85132324913>.

17 Liu, N. Rice husks as a sustainable source of nanostructured silicon for high performance Li-ion battery anodes[Text] /N. Liu, K. Huo, M.T. McDowell, J. Zhao, Y. Cui//Scientific Reports 3, 1919, 2013. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84878718267>.

18 Zhu, L. Emergy analysis of compound agricultural fruit production system in central Loess Plateau[Text] / L. Zhu, F. Wu, H. Wang //Journal of Food, Agriculture and Environment 11(3-4), с. 1305-1310, 2013. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84887597508>.

19 Бородин, И.Ф. Энергообеспечение сельского хозяйства [Текст]/ И.Ф. Бородин // Техника в сельском хозяйстве. 1994. – №4. - С. 8 – 13.

20 Методика энергетического мониторинга сельскохозяйственных объектов, выявление резервов и потенциала экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР)[Текст]/ В.Р. Краусп [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 100 с.

REFERENCES

1 Galushko, E.V. Sistema podderzhki prinjatija reshenij v kormoproizvodstve [Tekst] / Galushko E.V. [i dr.] // Pererabotka i upravlenie kachestvom sel'skohozjajstvennoj produkcii: sbornik statej II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - Minsk: BGATU, 2015. - S. 223-226.

2 Lovchikova, E.A. Cifrovaja jekonomika i kadrovij potencial APK: strategicheskaja vzaimosvjaz' i perspektivy [Tekst] / E.A. Lovchikova, N.A. Pervyh, A.I. Solodovnik // Vestnik agrarnoj nauki. - №5(68). – 2015. - S. 107-112.

3 Fedorenko, V.F. Informacionnye tehnologii v sel'skohozjajstvennom proizvodstve: nauch. analit. obzor [Tekst] / V.F. Fedorenko. – 2014. – М. : Rosinformagroteh, – 217 s.

4 Fazylova, S.S. Cifrovizacija v sel'skom hozjajstve regiona kak instrument razvitija [Tekst] / S.S. Fazylova, T.M. Jarkova, // Kreativnaja jekonomika. – 2020. – Tom 14. – № 8. - S. 1737-1748. doi: 10.18334/ce.14.8.110704.

5 Lyubchenko, A.A. An Approach to Data Transmission Process Modelling in Automated Power Accounting Systems [Text] / A.A. Lyubchenko, E.Y. Kopytov, A.G. Malyutin, A.A. Bogdanov // Journal of Physics: Conference Series. 1791(1), 012054, 2021. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85102357173>.

6 Korovkin, N.V. Determination of Consumer Powers by Measurements at the Supply Feeder Ends [Text] / N.V. Korovkin, T.G. Minevich, E.A. Bodrenkov // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus, 2021, 9396318, s. 1454-1457. <https://www.scopus.com/sourceid/21101043346>.

7 Ikramov, N. Monitoring system for electricity consumption at pumping stations [Text] / N. Ikramov, T. Majidov, E. Kan, A. Mukhammadjonov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering // International Scientific Conference Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering, CONMECHYDRO, 2020. - Tashkent City. - 23 April. - Kod 161842. <https://www.scopus.com/sourceid/19700200831>.

8 Protosovitskii, I.V. Ensuring the reliability and efficiency of the power industry in the agricultural sector of the Republic of Belarus in Modern conditions [Text] / I.V. Protosovitskii, E.P. Zabello, M.A. Prishchepov, V.A. Daineko // Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations// - 63(2), s. 116-128. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085377121>.

9 Edinoe okno dostupa k obrazovatel'nym resursam: informacionnaja sistema [sajt]: URL: <https://elib.gstu.by/>.

10 Chirkova, I.G. Gosudarstvennaja podderzhka jenergosberegajushhej dejatel'nosti sel'skhozjajstvennyh predpriyatij [Tekst] / I.G. Chirkova, I.A. Bikejkina // Jekonomika sel'skhozjajstvennyh i pererabatyvajushhih predpriyatij. – 2007. - № 11. - 0,8 p.l. (avt. - 0,7 p.l.)

11 Rezmanov, O.G. Avtomatizirovannaja sistema kommercheskogo i tehničeskogo ucheta jelektricheskoi jenerгии na baze mnogotarifnyh jelektronnyh schetchikov [Tekst] / Rezmanov, O.G. // «Jenergija i menedzhment». – № 3, 2002.

12 Ozhegov, A.N. Sistemy ASKUs [Tekst]: Uchebnoe posobie Ch.1 / A.N. Ozhegov. - Kirov: Izd-vo VjatGU, 2006, - 102 s.

13 Zhu, J. Evaluating the sustainability of rural complex ecosystems during the development of traditional farming villages into tourism destinations: A diachronic emergy approach [Text] / J. Zhu, X. Yuan, X. Yuan, S. Liu, B. Guan, J. Sun, H. Chen // Journal of Rural Studies 86, - s. 473-484, 2021. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85111020603&origin>.

14 Sosnina, E.N. Application of SOFC for Power Supply of Remote Agricultural Enterprises [Text] / E.N. Sosnina, A.V. Shalukho, L.E. Veselov // Proceedings - ICOECS 2020: 2020 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems 9278478, 2020. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0.085098864791&origin=resultslist>.

15 Awan, S.H. Smart energy control internet of things based agriculture clustered scheme for smart farming [Text] / S.H. Awan, S. Ahmed, A. Ishtiaq, N. Zeeshan, A. Muhammad Yousaf, N. Asif, Fahad, M., Tayyab, M. // International Journal of Advanced Computer Science and Applications 11(3), 2020. - S. 162-169, <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85083219476>.

16 Wu, J. A two-stage power system frequency security multi-level early warning model with DS evidence theory as a combination strategy [Text] / J. Wu, L. Li, F. Shi, P. Zhao, B. Li // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. 108372, 2022. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85132324913>.

17 Liu, N. Rice husks as a sustainable source of nanostructured silicon for high performance Li-ion battery anodes [Text] / N. Liu, K. Huo, M.T. McDowell, J. Zhao, Y. Cui // Scientific Reports 3, 1919, 2013. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84878718267>.

18 Zhu, L. Emergy analysis of compound agricultural fruit production system in central Loess Plateau [Text] / L. Zhu, F. Wu, H. Wang // Journal of Food, Agriculture and Environment 11 (3-4), s. 1305-1310, 2013. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84887597508>.

19 Borodin, I.F. Jenergoobespechenie sel'skogo hozjajstva [Tekst] / I.F. Borodin // Tehnika v sel'skom hozjajstve. 1994. – №4. - S. 8 – 13.

20 Metodika jenergetičeskogo monitoringa sel'skhozjajstvennyh ob#ektov, vyjavlenie rezervov i potenciala jekonomii toplivno-jenergetičeskikh resursov (TJeR) [Tekst] / V.R. Krausp [i dr.]. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2001. – 100 s.

РЕЗЮМЕ

В статье представлен обзор автоматизации процессов в сельскохозяйственном производстве. В условиях интенсивного развития сельского хозяйства и растущего спроса на продукцию автоматизация технологических процессов становится особенно актуальной. Это требует от руководства предприятий внедрения автоматизированных устройств для замены ручного труда. Рассматриваются примеры человеческой деятельности в сельскохозяйственном

производстве, которые приводят к значительным издержкам и увеличению затрат ресурсов на различных этапах.

Особое внимание в статье уделено автоматизированному методу кормления птиц на птицефабриках с использованием системы управления с замкнутым контуром. Такая система минимизирует погрешности, доводя их до нуля или до допустимого уровня, и обеспечивает регулирование параметров в соответствии с заданными законами управления. При этом дефекты не измеряются напрямую, но их воздействие на регулируемые параметры компенсируется через обратную связь и систему управления.

В статье также представлено преобразование структурной схемы динамических звеньев электропривода поточной линии кормораздатчика в характеристику трансмиссии. Проводится анализ устойчивости системы автоматического управления по частотному критерию Найквиста, что подтверждает её устойчивость к внешним воздействиям.

